

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-296963

(43) Date of publication of application : 18.11.1997

F25B 9/00

(71)Applicant : AISIN SEIKI CO LTD

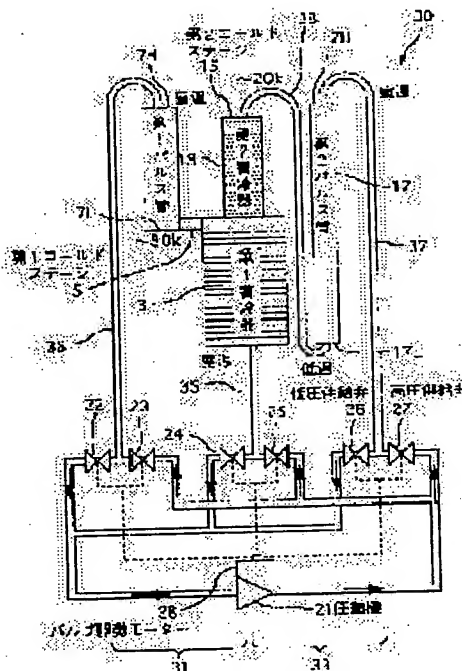
(72)Inventor : MATSUI TAKAYUKI
INOUE TATSUO

(54) PULSE PIPE FREEZER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To ensure satisfactory freezing capability in a pulse pipe freezer of the type where a cold stage is disposed on the upper end of a cold storage unit.

SOLUTION: There are provided a cold storage unit 13 including a cold stage 15 provided on the upper end thereof, and a pulse pipe 17 disposed such that a low temperature end 17L is located as a lower end and a high temperature end 17H is located as an upper end, and that the low temperature end 17L is located below the cold stage 15. The cold stage 15 and the low temperature end 17L of the pulse pipe 17 are coupled with each other through a piping with a volume which is substantially ignored compared with the volume of the pulse pipe 17. In the pulse pipe 17 disposed as above, relatively high density working gas is existent on the lower end side of the pipe while relatively low density working gas is existent so that a convection of the working gas due to gravity is not produced. Thus, no bad influence is provided on freezing operation and hence satisfactory freezing capability is ensured.



LEGAL STATUS

25.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

3624542

10.12.2004

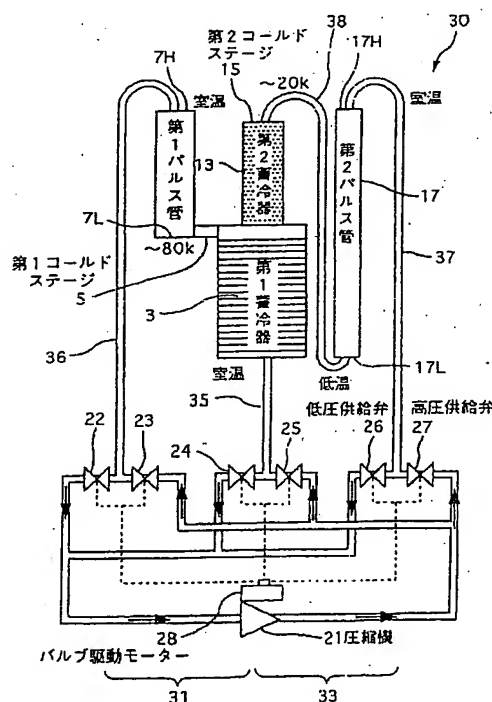
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(11)特許出願公開番号



【特許請求の範囲】

【請求項1】 コールドステージをその上端に備える蓄冷器と、

低温端部が下端になり高温端部が上端になるように配設され、前記低温端部が前記コールドステージより下側に位置するパルス管と、

前記パルス管の低温端部と前記コールドステージとを連結する配管と、

前記パルス管の前記高温端部へ連結される位相調整系と、

前記蓄冷器に連結される圧力振動源と、を備えていることを特徴とするパルス管冷凍機。

【請求項2】 前記配管を前記蓄冷器の一部として用いられるように、前記配管はその容積が前記パルス管の容積と比較して実質的に無視でき、かつ熱の良導体で形成されている請求項1記載のパルス管冷凍機。

【請求項3】 前記配管を前記パルス管の一部として用いられるように、前記配管はその容積が前記パルス管の容積と比較して実質的に無視でき、かつ熱の不導体で形成されている請求項1記載のパルス管冷凍機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はパルス管冷凍機に関する。このパルス管冷凍機は、例えば、クライオポンプとして好適である。

【0002】

【従来の技術】 従来より周知の逆スターリングサイクル冷凍機やギフォード・マクマホン冷凍機においては、寒冷発生部にピストン等の可動部分を必要とする。一方、パルス管冷凍機はパルス管において作動ガスを膨張させ、これにより寒冷を発生させる。このパルス管は実質的に空洞な構成であって、ピストン等の可動部を要さない。従って、パルス管冷凍機は上記他のタイプの冷凍機に比べてその構造が簡素となり、よって、製造コスト、耐久性、信頼性及び低振動性等において優れたものとなる。

【0003】 従来のパルス管冷凍機1では、例えば図1に示すとおり、第1寒冷発生系における第1蓄冷器3の第1コールドステージ5を下向きにしていた。この第1コールドステージ5に連結される第1パルス管7は、第1コールドステージ5に最も近い部分、即ちその管内において温度の最も低い部分（低温端部7L）が下端となり、温度の最も高い部分（高温端部7H）が上端となるよう配設されていた。第2寒冷発生系においても同様であり、下向きに配置された第2蓄冷器13の第2コールドステージ15に対応してその低温端部17Lが下端となるように第2パルス管17が配設されていた。

【0004】 図中の符号21は圧縮機、符号22、24及び26は低圧供給弁、符号23、25及び27は高圧供給弁、並びに符号28は弁駆動モータである。これら

により位相調整系と圧力振動源が構成される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 既述のようにパルス管冷凍機は種々の利点を持っているので、その用途の拡大が望まれている。本発明者らはパルス管冷凍機について鋭意研究を進めた結果、その用途を拡大する上で従来のパルス管冷凍機には次の課題があることに気が付いた。

【0006】 即ち、パルス管冷凍機を例えばクライオポンプとして使用するためには、蓄冷器のコールドステージを上向としなければならない。図1に示す構成のパルス管冷凍機をそのまま転用すると（図1の上下を逆さまにした構成を想定されたい。）、コールドステージに連結されるパルス管の低温端部が上側に位置し、また、高温端部が下側に位置することとなる。

【0007】 パルス管は実質的に空洞であるため、低温端部が上側にあり高温端部が下側にあると、パルス管内の作動ガスが重力の影響を受けてそこに対流が生じるおそれがある。これは上側にある低温端部内の作動ガスの密度が下側端にある高温端部内の作動ガスの密度より大きいためである。このような対流が生じると冷凍能力の低下を来すこととなるので好ましくない。

【0008】 この発明は、かかる課題を解決することの一つの目的とする。この発明の他の目的はコールドステージを上向きにした、即ち、コールドステージを蓄冷器の上端に配置するタイプのパルス管冷凍機において、その冷凍能力を従来例のもの、即ち、コールドステージを蓄冷器の下端に配置するパルス管冷凍機と同等とすることにある。

【0009】 この発明の更に他の目的は、上記目的を達成する際にできる限りシンプルな構成を採用することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】 上記目的の少なくとも一つを達成するために、この発明では、コールドステージをその上端に備える蓄冷器と、低温端部が下端になり高温端部が上端になるように配設され、前記低温端部が前記コールドステージより下側に位置するパルス管とを備える構成を特徴とする。このように設置されたパルス管では比較的密度の高い作動ガスがその下端にあり、一方、比較的密度の低い作動ガスがその上端にあるので、従来例のものと同様に、重力による作動ガスの対流は発生しない。パルス管の低温端部をコールドステージより下側に配置することにより、冷凍機の構成を鉛直方向においてコンパクト化できる。

【0011】

【発明の実施の形態】 蓄冷器の上端に配置されたコールドステージとパルス管の低温端部との間にその容積がパルス管の容積と比較して実質的に無視できる配管が設けられる。この配管の容積はパルス管の容積の10分の1以下とすることが好ましい。この配管を蓄冷器と同じく

熱の良導体で形成すれば、この配管を蓄冷器の一部として用いることができる。熱の良導体としては、銅、鉛等の金属及びそれらの適当な合金が挙げられる。熱の良導体とは熱伝導率の高い材料をいう。

【0012】この配管をパルス管と同じく熱の不導体で形成すれば、この配管をパルス管の一部として用いることができる。熱の不導体としては、ステンレス等があげられる。熱の不導体とは熱伝導率の低い材料をいう。

【0013】

【実施例】本発明を実施例にもとづき図面を参照にして説明する。

(第1実施例) 図2は本発明の第1の実施例のパルス管冷凍機30の概略構成図である。図1と同等の部材には同一の符号を付し、その説明を部分的に省略する。

【0014】このパルス管冷凍機30は第1寒冷発生系31と第2寒冷発生系33とから構成される。第1寒冷発生系31では第1コールドステージ5を上端にして第1蓄冷器3が鉛直に配設される。第1蓄冷器3は熱伝導性の高い材料で形成されればよいが、この実施例では銅のメッシュを内蔵させた。第1パルス管7はその高温端部7Hを上端側にし、その低温端部7Lを下端側にし、鉛直に配設される。第1パルス管7は熱伝導性の低い材料で形成されればよいが、この実施例ではステンレス製とした。このように低温端部7Lが下端にあると第1パルス管7内においては重力による作動ガスの対流は発生しない。

【0015】第1蓄冷器3及び第1パルス管7は配管35、36、低压供給弁22、24及び高压供給弁23、25を介して圧縮機21へ連結される。圧縮機21は第1寒冷発生系31に充填される作動ガスへ圧力を付与するものである。弁駆動モータ28により所定のタイミングで低压供給弁22、24及び高压供給弁23、25を開閉することにより、第1寒冷発生系31内の作動ガスの圧力を振動させるとともに、作動ガスの圧力変動と位置変動との位相を調節する。

【0016】作動ガスはヘリウムガスである。勿論、所望の冷凍温度や出力などに応じて作動ガスを適宜選択することができる。ヘリウムの他に、例えばアルゴン、水素、これら(ヘリウムを含む)の混合ガスを用いることができる。図示はされていないが、第1蓄冷器3と弁24、25とをつなぐ配管35及び第1パルス管7と弁22、23とをつなぐ配管36へ放熱器を設けることができる。

【0017】第2寒冷発生系33では第2コールドステージ15を上端にして第2蓄冷器13が鉛直に配設される。第2蓄冷器13内には鉛粒が充填されている。第2パルス管17はその高温端部17Hを上端にし、その低温端部17Lを下端にして鉛直に配設される。このように低温端部17Lが下端にあると第2パルス管17内においては重力による作動ガスの対流は発生しない。

【0018】第2蓄冷器13及び第2パルス管17は配管35、37、低压供給弁24、26及び高压供給弁25、27を介して圧縮機21へ連結される。圧縮機21は第2寒冷発生系33に充填される作動ガスへ圧力を付与するものである。弁駆動モータ28により所定のタイミングで低压供給弁24、26及び高压供給弁25、27を開閉することにより、第2寒冷発生系33内の作動ガスの圧力を振動させるとともに、作動ガスの圧力変動と位相変動との位相差を調節する。

【0019】以下に、本例におけるパルス管冷凍機の動作について説明する。バルブ駆動モータ28が作動し、まず、第1パルス管7側の低压供給弁22を閉じ、高压供給弁23を開く。すると、高压の作動ガスが高压供給弁23、配管36を経て第1パルス管7に供給される。次に、所定の位相差をもって第2パルス管17側の低压供給弁26を閉じ、高压供給弁27を開く。すると、高压の作動ガスが高压供給弁27、配管37を経て第2パルス管17に供給される。

【0020】次に、所定の位相差をもって第1蓄冷器3側の低压供給弁24を閉じ、高压供給弁25を開く。すると、高压の作動ガスが高压供給弁25、配管35を経て第1蓄冷器3内に供給される。第1蓄冷器3内へ高压作動ガスが供給された後、所定の位相差をもって第1パルス管7側の高压供給弁23を閉じ、低压供給弁22を開く。すると、第1パルス管7内の高压の作動ガスは、配管36、低压供給弁22を経て圧縮機21に帰還する。

【0021】その後、所定の位相差をもって第2パルス管17側の高压供給弁27を閉じ、低压供給弁26を開く。すると、第2パルス管17内の高压の作動ガスは、配管37、低压供給弁26を経て圧縮機21に帰還する。その後、所定の位相差をもって第1蓄冷器3側の高压供給弁25を閉じ、低压供給弁24を開く。すると、第1蓄冷器3内の高压の作動ガスは配管35、低压供給弁24を経て圧縮機21に帰還する。

【0022】上記動作を1周期とし、これを繰り返すことにより、パルス管冷凍機30内の作動ガスの圧力変動と位相変動との間に位相差が生じる。この位相差の発生が、気体のP-V特性を利用した冷凍発生の前提になるが、バルブ駆動モータ28の制御により各供給弁を巧妙に制御し、第1コールドステージ5及び第2コールドステージ15において作動ガスの圧力変動と位相変動との間の位相差を最適位相差に調節すると、第1コールドステージ5及び第2コールドステージ15において極低温が発生される。

【0023】第1寒冷系31に着目すると、作動ガスは第1蓄冷器3に最も近い第1コールドステージ5において最低温度となり、80Kの寒冷を発生させる。これにより、第2寒冷発生系33の作動ガスが冷却されることとなる。一方、第1蓄冷器3から最も離れた第1パルス

管7の高温端部7Hにおいて作動ガスは最も温度が高い。従って、第1パルス管7には温度勾配が生じている。

【0024】第2パルス管17の低温端部17Lは第2コールドステージ15さらには第1コールドステージ5よりも鉛直方向下側に配置され、この低温端部17Lは第2コールドステージ15と配管38で連結されている。この配管38の容積は第2パルス管17の容積と比較して実質的に無視できるものとする。実施例では配管38を熱伝導率の小さいステンレスで形成した。これにより、配管38内での作動ガスの寒冷をできるだけ外部へ逃がさないようにできる。即ち、配管38を第2パルス管17の一部として用いる。

【0025】図面上では第2パルス管17の低温端部17Lの位置が第1蓄冷器3の下端室温部とほぼ同じ高さに描かれている。これは第2パルス管17の容積を大きくして寒冷の発生を大きくするためである。第2パルス管17の低温端部17Lの位置は第2コールドステージ15よりも下であれば特に限定されない。低温端部17Lの位置を第2コールドステージ15より上側とすると、第2パルス管17はそこからさらに上方へ向かって突出することとなり、冷凍機の構造上、占有スペースが大きくなりかつ複雑になるので好ましくない。

【0026】この実施例では、第1パルス管7の高温端部7Hと第2パルス管17の高温端部17Hを上側に配置し、それらの高さを実質的に同じとした。更には、第2蓄冷器13の上端の第2コールドステージの高さも高温端部7H、17Hとほぼ等しくすることにより、装置全体をシンプルな構成とした。実施例のパルス管冷凍機によれば、第1コールドステージ5において80Kまでの寒冷を発生させることができ、第2コールドステージ15においては20Kまでの寒冷を発生させることができた。

【0027】図3及び図4は、実施例と同じ緒元の構成要素(図2と同じ構成要素には同一の参照番号が付している。)及び動作条件が適用される従来例及び比較例のパルス管冷凍機をそれぞれ示している。各コールドステージ5、15を下側に向けた図3に示す従来例の冷凍機では、第1コールドステージ5において44Kまでの寒冷が発生し、第2コールドステージ15において9Kまでの寒冷が発生した。各コールドステージ5、15が上を向くように図3を180度回転させた構成の図4に示す比較例の冷凍機では、第1コールドステージ5及び第2コールドステージ15においてそれぞれ145K及び42Kまでしか寒冷を発生させることができなかった。

【0028】(第2実施例)図5にこの発明の第2実施例のパルス管冷凍機40を示す。第2実施例は第1実施例の冷凍機に第3寒冷発生系41を追加したものである。第3寒冷発生系41では第3コールドステージ45を上端にして第3蓄冷器43が鉛直に配設される。第3

パルス管47はその高温端部47Hを上端にし、その低温端部47Lを下端にして鉛直に配設される。このように低温端部47Lが下端にあると第3パルス管47内においては重力による作動ガスの対流は発生しない。

【0029】第3蓄冷器43及び第3パルス管47は配管35、49、低压供給弁24、42及び高压供給弁25、44を介して圧縮機21へ連結される。圧縮機21は第3寒冷発生系41に充填される作動ガスへ圧力を付与するものである。弁駆動モータ28により所定のタイミングで低压供給弁24、42及び高压供給弁25、44を開閉することにより、第3寒冷発生系41内の作動ガスの圧力を振動させるとともに、作動ガスの圧力変動と位相変動との位相差を調節する。

【0030】第3パルス管47の低温端部47Lは第3コールドステージ45さらには第2及び第1コールドステージ15、5よりも鉛直方向下側に配置され、この低温端部47Lは第3コールドステージ45と配管48で連結されている。この配管48の容積は第3パルス管47の容積と比較して実質的に無視できるものとする。実施例では配管48を熱伝導率の小さいステンレスで形成した。これにより、配管の48内での作動ガスの断熱膨張による寒冷をできるだけ外部へ逃がさないようにできる。即ち、配管38を第3パルス管47の一部として用いる。

【0031】本例におけるパルス管冷凍機の動作については第1実施例において説明したものとほぼ同様であるのでその説明を省略する。この実施例の冷凍機では第3寒冷発生系41が追加されているので、第1実施例の冷凍機に比べて、より低い温度を得ることができる。また、冷凍機を大型化することもできる。

【0032】(第3実施例)この発明の第3実施例のパルス管冷凍機50を図6に示す。この冷凍機50は図5に示した第2実施例の冷凍機40において、圧縮振動源及び位相調節器の構成を変更したものである。すなわち、第1ないし第3の寒冷発生系31a、33a及び41aの圧縮振動源として圧縮ピストン51及び圧縮シリンダ52が用いられている。第1寒冷発生系31aの位相調節器として膨張ピストン53及び膨張シリンダ54が用いられる。同様に、第2及び3の寒冷発生系33a、41aの位相調節器として膨張ピストン55、57及び膨張シリンダ56、58がそれぞれ用いられる。

【0033】(第4実施例)この発明の第4実施例のパルス管冷凍機60を図7に示す。この冷凍機60は図6に示した第3の実施例において、第1ないし第3の寒冷発生系の位相調節器としてバッファタンク61、62及び63をそれぞれ用いたものである。

【0034】圧縮振動源として、図8に示す構成を採用することもできる。図8に示す圧縮振動源は、圧縮機64、弁駆動モータ65、低压供給弁66及び高压供給弁67から構成され、第2実施例と同様の動作を奏する。

(第5実施例) この発明の第5実施例のパルス管冷凍機70を図9に示す。

【0035】この冷凍機70は図7に示した第4の実施例において、配管35と配管36との間に第1のバイパス管73と流量調整弁76が設けられている。同様に、配管35と配管37との間に第2のバイパス管74と流量調整弁77が設けられ、配管49と配管71との間にバイパス管75と流量調整弁78が設けられる。

(第6実施例) この発明の第6実施例のパルス管冷凍機80を図10に示す。

【0036】この冷凍機80は図9に示した第5の実施例において、3つのバッファタンク61、62、63を一つ(バッファタンク81)にまとめたものであり、これにより部品点数が可及的に削減される。

(第7実施例) この発明の第7実施例のパルス管冷凍機90を図11に示す。

【0037】この冷凍機90は図2に示した第1の実施例において、第2寒冷発生系のみを用いて構成したものであり、その動作は既述のとおりである。この冷凍機90は極低温の要求されない条件で使用するのに好適である。

【0038】

【発明の効果】この発明のパルス管冷凍機では、コールドステージをその上端に備える蓄冷器と、低温端部が下端になり高温端部が上端になるように配設され、前記低温端部が前記コールドステージより下側に位置するパルス管とが備えられた。このように設置されたパルス管では比較的高い作動ガスがその下端にあり、一方、比較的低い作動ガスがその上端にあるので重力による作動ガスの対流は発生しない。よって、冷凍動作にならな悪影響がでず、もって十分な冷凍能力が得られる。

【0039】パルス管の低温端部をコールドステージより下側に配置することにより、冷凍機の構成を鉛直方向においてコンパクト化できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来のパルス管冷凍機の構成図である。

【図2】 本発明の第1実施例のパルス管冷凍機の構成図である。

【図3】 従来例のパルス管冷凍機の主要部の構成図である。

【図4】 比較例のパルス管冷凍機の主要部の構成図である。

【図5】 本発明の第2実施例のパルス管冷凍機の構成図である。

【図6】 本発明の第3実施例のパルス管冷凍機の構成図である。

【図7】 本発明の第4実施例のパルス管冷凍機の構成図である。

【図8】 第4実施例のパルス管冷凍機に使用した圧縮振動源の構成図である。

【図9】 本発明の第5実施例のパルス管冷凍機の構成図である。

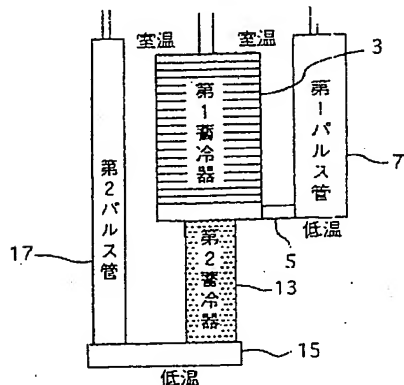
【図10】 本発明の第6実施例のパルス管冷凍機の構成図である。

【図11】 本発明の第7実施例のパルス管冷凍機の構成図である。

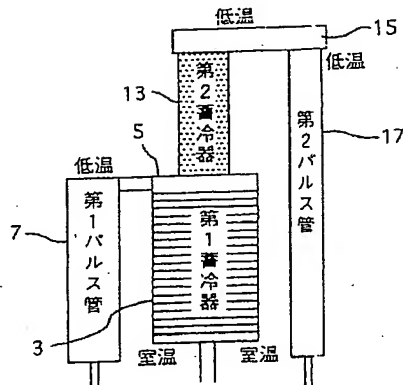
【符号の説明】

- | | |
|------------------------|----------|
| 1、30、40、50、60、70、80、90 | パルス管冷凍機 |
| 3、13、43 | 蓄冷器 |
| 5、15、45 | コールドステージ |
| 7、17、47 | パルス管 |
| 7H、17H、47H | 高温端部 |
| 7L、17L、47L | 低温端部 |
| 21 | 圧縮機 |
| 28 | 弁駆動モータ |
| 22、24、26、42 | 低圧供給弁 |
| 23、25、27、44 | 高圧供給弁 |
| 38、48 | 配管 |

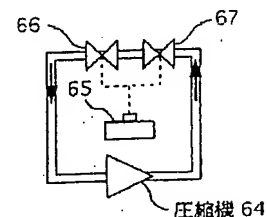
【図3】



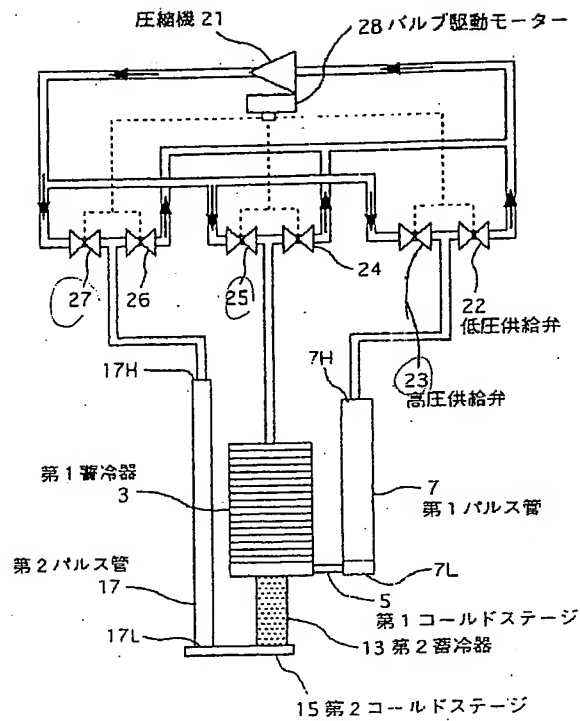
【図4】



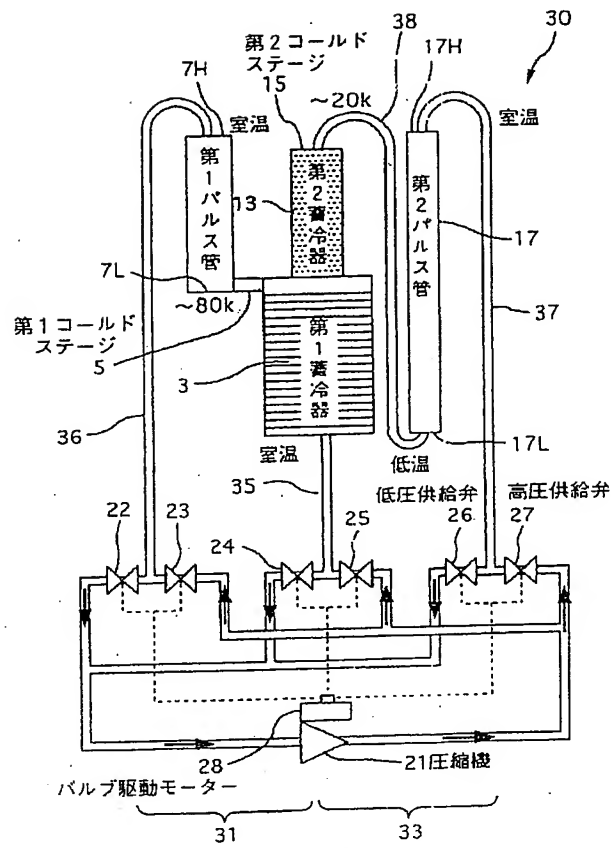
【図8】



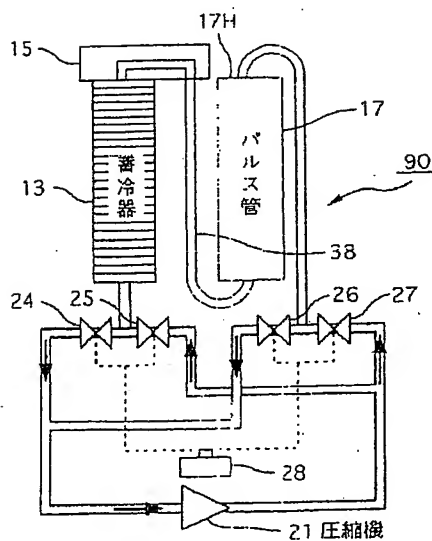
【図1】



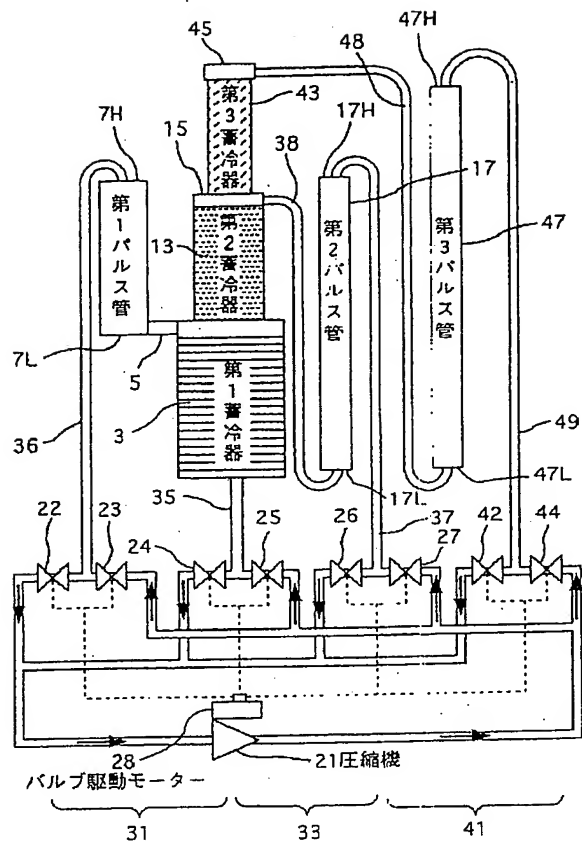
【図2】



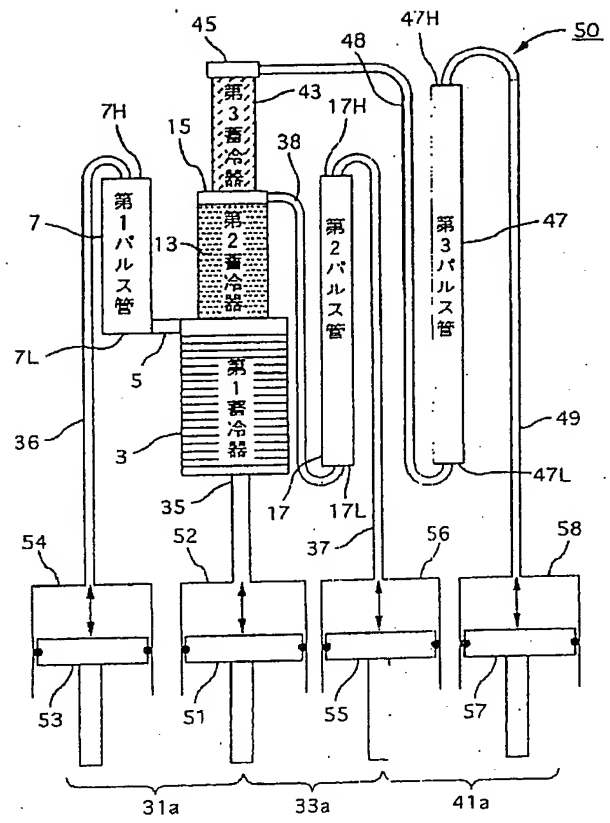
【図11】



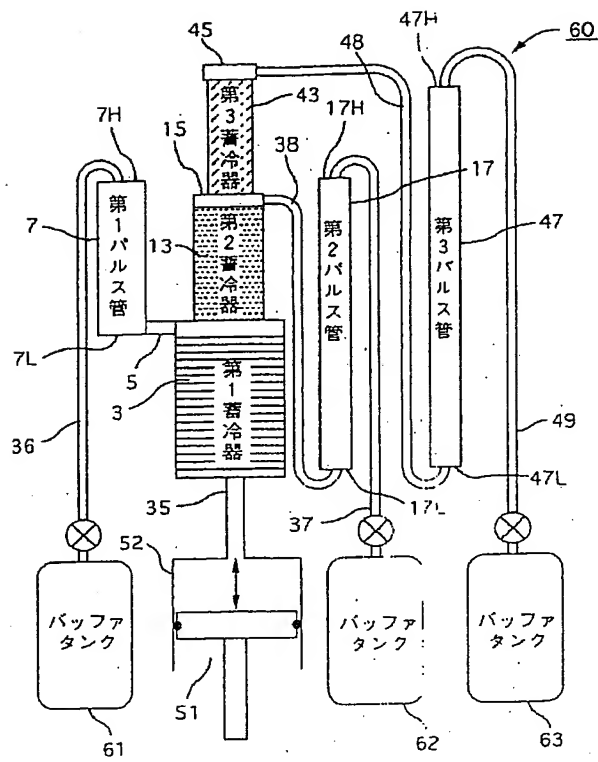
【図5】



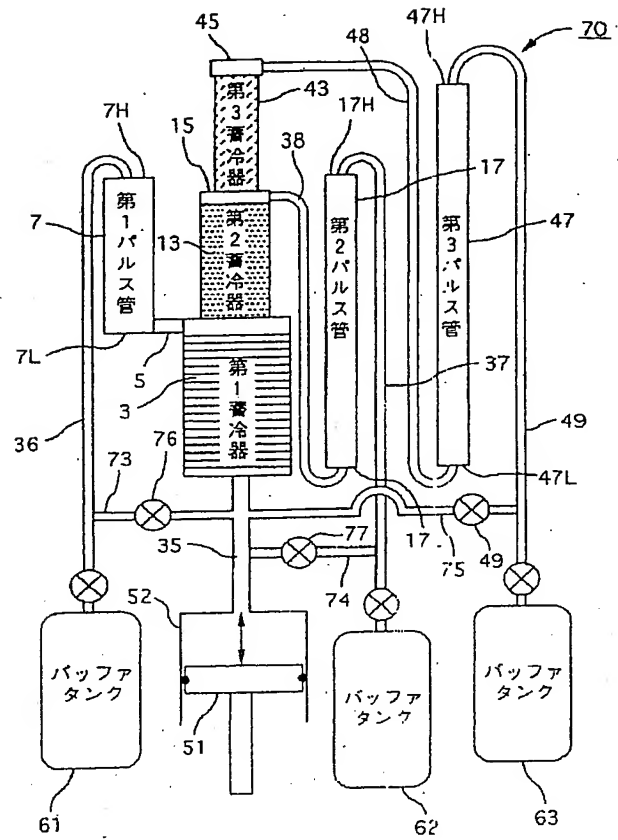
【図6】



【図7】



【図9】



【図10】

